

**MODEL DENYUT JANTUNG DENGAN TEORI BIFURKASI DAN  
DISTRIBUSI INTERVAL DENYUT JANTUNG BERDASARKAN  
OPTIMASI FUNGSI GAUSS OLEH NELDER-MEAD SIMPLEX**

---

**HEARTBEAT MODEL USING BIFURCATION THEORY AND INTERVAL  
DISTRIBUTION OF HEARTBEAT USING GAUSS FUNCTION  
OPTIMIZED BY NELDER-MEAD SIMPLEX**

Oleh,

**HERLINA DWI TENDEAN  
NIM : 662009017**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan kepada Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Matematika  
guna memenuhi sebagian dari persyaratan untuk mencapai gelar Sarjana Sains  
(Matematika)**



**Program Studi Matematika**

**Fakultas Sains dan Matematika  
Universitas Kristen Satya Wacana  
Salatiga  
2014**



## PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Herlina. Dwi. Tendeon.  
NIM : 662009017 Email : herlinadwitetendeon@gmail.com.  
Fakultas : FSM. Program Studi : Matematika.  
Judul tugas akhir : Model Denyut Jantung dengan teori Bifurkasi Dan Distribusi Interval.  
Denyut Jantung Berdasarkan Optimasi Fungsi Gauss Oleh Nelder-Mead.  
Simplex.  
Pembimbing : 1. Dr. Hanna Arini Parhusip, MSc  
2. Dr. Bambang Susanto

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Hasil karya yang saya serahkan ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan baik di Universitas Kristen Satya Wacana maupun di institusi pendidikan lainnya.
2. Hasil karya saya ini bukan saduran/terjemahan melainkan merupakan gagasan, rumusan, dan hasil pelaksanaan penelitian/implementasi saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan pembimbing akademik dan narasumber penelitian.
3. Hasil karya saya ini merupakan hasil revisi terakhir setelah diujikan yang telah diketahui dan disetujui oleh pembimbing.
4. Dalam karya saya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali yang digunakan sebagai acuan dalam naskah dengan menyebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila di kemudian hari terbukti ada penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya saya ini, serta sanksi lain yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Universitas Kristen Satya Wacana.

Salatiga, 24 Juni 2014

  
Herlina. D.  
Tanda tangan & nama terang mahasiswa

METERAI TEMPEL  
PAJAK PEMBAYARAN RANGKAI  
20  
BP030ACF333766733  
6000  
DJP





## PERNYATAAN PERSETUJUAN AKSES

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Herlina Dwi - Tendeon  
NIM : 662009017 Email : herlina.dwi.tendeon@gmail.com  
Fakultas : FSM Program Studi : Matematika  
Judul tugas akhir : Model Demut Jantung Dengan Teori Bifurkasi dan Distribusi Interval  
Demut Jantung Berdasarkan Optimasi Fungsi Gauss oleh Melder-Mead  
Simplex

Dengan ini saya menyerahkan hak *non-eksklusif*\* kepada Perpustakaan Universitas - Universitas Kristen Satya Wacana untuk menyimpan, mengatur akses serta melakukan pengelolaan terhadap karya saya ini dengan mengacu pada ketentuan akses tugas akhir elektronik sebagai berikut (beri tanda pada kotak yang sesuai):

- ☒ a. Saya mengizinkan karya tersebut diunggah ke dalam aplikasi Repositori Perpustakaan Universitas, dan/atau portal GARUDA
- ☐ b. Saya tidak mengizinkan karya tersebut diunggah ke dalam aplikasi Repositori Perpustakaan Universitas, dan/atau portal GARUDA\*\*

\* Hak yang tidak terbatasnya bagi pihak saya, Pengajar, peneliti, dan mahasiswa yang menyerahkan hak non-eksklusif kepada Repositori Perpustakaan Universitas saat mengumpulkan hasil karya mereka masih memiliki hak copyright atas karya tersebut.

\*\* Hanya akan menampilkan halaman judul dan abstrak. Pilihan ini harus dilampiri dengan penjelasan alasan tertulis dari pembimbing I, II dan diketahui oleh pimpinan fakultas (dekan/fakultas).

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Salatiga, 23 Juni 2014

1956

Herlina Dwi Tendeon

Tanda tangan & nama terang mahasiswa

Mengetahui,

Dr. Hanna Arini Ratusip  
Tanda tangan & nama terang pembimbing I

Barbang Susanto

Tanda tangan & nama terang pembimbing II

**MODEL DENYUT JANTUNG DENGAN TEORI BIFURKASI DAN  
DISTRIBUSI INTERVAL DENYUT JANTUNG BERDASARKAN  
OPTIMASI FUNGSI GAUSS OLEH NELDER-MEAD SIMPLEX**

**HEARTBEAT MODEL USING BIFURCATION THEORY AND INTERVAL  
DISTRIBUTION OF HEARTBEAT USING GAUSS FUNCTION  
OPTIMIZED BY NELDER-MEAD SIMPLEX**

Oleh:

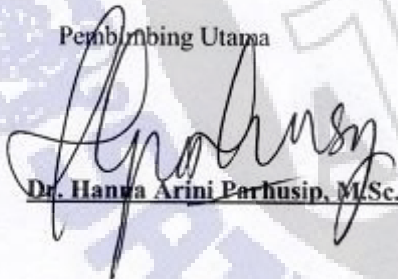
**HERLINA DWI TENDEAN**  
**NIM : 662009017**

**TUGAS AKHIR**

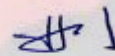
Diajukan Kepada Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Matematika Guna  
Memenuhi Sebagian Dari Prasyarat Untuk Mencapai Gelar Sarjana Sains  
(Matematika)

Disetujui oleh,


Pembimbing Utama

  
**Dr. Hanwa Arini Parhusip, M.Sc.**

Pembimbing Pendamping

  
**Dr. Bambang Susanto.**

Diketahui oleh,  
Kaprogdi

  
**Dr. Bambang Susanto**

Disahkan oleh,  
Dekan

  
**Dr. Suryasatriya Trihandaru, M.Sc.nat.**



**FAKULTAS SAINS DAN MATEMATIKA  
PROGRAM STUDI MATEMATIKA**

**Juni 2014**

**PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS TUGAS AKHIR**

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Herlina Dwi Tendean

NIM : 662009017

Program Studi : Matematika

Fakultas : Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir, Judul:

**MODEL DENYUT JANTUNG DENGAN TEORI BIFURKASI DAN DISTRIBUSI  
INTERVAL DENYUT JANTUNG BERDASARKAN OPTIMASI FUNGSI GAUSS OLEH  
NELDER-MEAD SIMPLEX**

Yang dibimbing oleh:

1. Dr. Hanna Arini Parhusip, M.Sc.
2. Dr. Bambang Susanto.

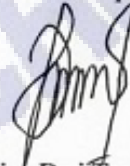
adalah benar-benar hasil karya saya.

Di dalam laporan tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan atau gagasan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau gambar serta simbol yang saya aku seolah-olah sebagai karya saya sendiri tanpa memberikan pengakuan kepada penulis atau sumber aslinya.

1956

Salatiga, Juni 2014

Yang memberikan pernyataan



Herlina Dwi Tendean

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai civitas akademika Universitas Kristen Satya Wacana (UKSW), saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Herlina Dwi Tendea  
NIM : 662009017  
Program Studi : Matematika  
Fakultas : Sains dan Matematika  
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UKSW hak bebas royalti non-eksklusif (non-exclusive royalty free right) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

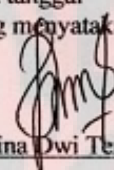
**MODEL DENYUT JANTUNG DENGAN TEORI BIFURKASI DAN DISTRIBUSI  
INTERVAL DENYUT JANTUNG BERDASARKAN OPTIMASI FUNGSI GAUSS OLEH  
NELDER-MEAD SIMPLEX**

Beserta perangkat yang ada (jika perlu).

Dengan hak bebas royalti non-eksklusif ini, UKSW berhak menyimpan, mengalihmedia/mengalihformatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data, merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya, selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis atau pencipta.

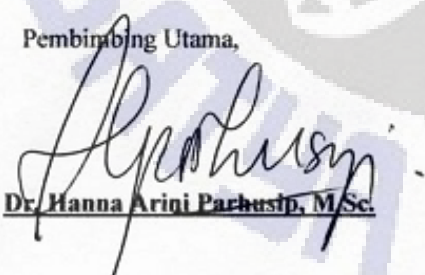
Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Salatiga  
Pada tanggal : Juni 2014  
Yang menyatakan,

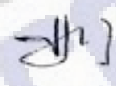
  
Herlina Dwi Tendea

Mengetahui,

Pembimbing Utama,

  
Dr. Hanna Arini Parhusip, M.Sc.

Pembimbing Pendamping,

  
Dr. Bambang Susanto.

## MOTTO

*“Yesterday is history, tomorrow is a mystery, but today is a gift”  
(Master Oogway)*

*“Solusi dan Allah hanyalah sejauh DOA”  
(Max Lucado)*

*“Let’s life while doing thing we like”  
(Sehun EXO)*

*“As long as you work hard you will success. Keep going!!!”  
(Lay EXO)*

*“Enjoy your life now”  
(L Infinite)*

*“Janganlah hendaknya kamu khawatir tentang apapun juga, tetapi nyatakanlah dalam segala hal keinginanmu kepada Allah dalam doa dan permohonan dengan ucapan syukur”  
(Filipi 4:6)*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan berkat, kasih dan penyertaan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir (Skripsi) sebagai prasyarat menyelesaikan Studi Strata 1 (S1) pada Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Matematika Universitas Kristen Satya Wacana.

Dalam Skripsi ini terdiri dari 2 makalah utama yang telah dipublikasikan. Makalah yang pertama berjudul “ANALISIS MODEL DENYUT JANTUNG DENGAN MENGGUNAKAN TEORI BIFURKASI” telah dipublikasikan dalam Seminar Nasional Pendidikan Matematika “Peran Matematika dan Pendidikan Matematika sebagai Solusi Problematika Abad ke-21” pada tanggal 22 Februari 2014 di Universitas Negeri Yogyakarta. Kemudian dilakukan penyusunan makalah yang kedua yang merupakan pengembangan dari makalah pertama dengan judul “POLA DISTRIBUSI INTERVAL DENYUT JANTUNG DENGAN MEMANFAATKAN JUMLAHAN FUNGSI GAUSS YANG DIOPTIMASI SECARA NELDER-MEAD SIMPLEX” telah dipublikasi dalam Seminar Nasional Sains dan Pendidikan Sains IX “Kemajuan IPTEK dan Implementasi Kurikulum 2013” pada tanggal 21 Juni 2014 di Universitas Kristen Satya Wacana.

Terselesaikannya penulisan kedua makalah di atas tidak terlepas dari bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih atas segala doa, nasihat, bantuan, dukungan, bimbingan, dan dorongan kepada:

1. Bapak Dr. Bambang Susanto selaku Ketua Program Studi Matematika.
2. Ibu Dr. Hanna Arini Parhusip, M.Sc selaku pembimbing utama yang dengan sabar membimbing, mengarahkan dan memberikan motivasi kepada penulis selama proses penulisan skripsi ini sehingga laporan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
3. Bapak Dr. Bambang Susanto selaku pembimbing pendamping yang memberikan saran, membimbing, dan mengarahkan penulis sehingga laporan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
4. Bapak Dr. Suryasatriya Trihandaru selaku dosen pendamping yang selalu memberikan ide dan arahan dalam penulisan laporan skripsi sehingga dapat terselesaikan.
5. Dosen pengajar, Dr. Bambang Susanto, Dra. Lilik Linawati, M.Kom, Dr. Adi Setiawan, M.Sc, Tundjung Mahatma, S.Pd, M.Kom, Didit Budi Nugroho, M.Si,



Dr. Hanna Arini Parhusip, M.Sc, Leopoldus Ricky Sasongko, S.Si yang telah memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis selama studi di FSM UKSW.

6. Staf TU FSM Mbak Eny, dan Mas Basuki serta Pak Edy sebagai Laboran yang telah banyak memberikan bantuan kepada penulis.
7. Sdr. Gill Gaspar yang telah memberikan data denyut jantung sehingga dapat melakukan penelitian untuk skripsi.
8. Papa, Mama, Cece dan nyo-nyo tercinta yang telah memberikan doa dan dorongan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penulisan skripsi dengan baik.
9. Kakak yeyed sebagai teman seperjuangan yang telah menemani penulis setiap hari dalam penulisan skripsi telah memberikan semangat selama penulisan skripsi ini dan selalu memberikan video-video korea sebagai penyemangat penulis☺.
10. Mithy dan Dewi sebagai teman seperjuangan dalam mengerjakan skripsi terimakasih atas bantuan, saran-sarannya selama ini dan semangatnya dalam mengerjakan skripsi ini.
11. Van2 dan mba ther yang telah memberikan semangat, dukungan dan doa selama pengerjaan skripsi ini.
12. Teman-teman Progd Matematika Angkatan 2009 terima kasih atas bantuan dan kebersamaannya selama ini.
13. Adik angkatan nova, vina, vero dan ruth atas dukungannya.
14. Keken, hunhun, mimin, e'el dan susung terimakasih karena ada untuk memberikan semangat dalam penulisan skripsi.
15. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang juga mendukung penulis selama penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis menerima kritik, saran dan pendapat yang bersifat membangun untuk penyempurnaan laporan tugas akhir (Skripsi).

Salatiga, Juni 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN .....	iii
LEMBAR PERNYATAAN BEBAS ROYALTY DAN PUBLIKASI .....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
ABSTRAK.....	x
PENDAHULUAN .....	xii
MAKALAH I :	
ANALISIS MODEL DENYUT JANTUNG DENGAN MENGGUNAKAN TEORI BIFURKASI	
MAKALAH II :	
POLA DISTRIBUSI INTERVAL DENYUT JANTUNG DENGAN MEMANFAATKAN JUMLAHAN FUNGSI GAUSS YANG DIOPTIMASI SECARA NELDER-MEAD SIMPLEX	
KESIMPULAN.....	xv
HASIL REVIEW 23 JUNI 2014.....	xvi
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	xix

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1: Program Metode Rungge-Kutta orde 4 untuk sistem persamaan tak linier

LAMPIRAN 2: Program Metode Rungge-Kutta orde 4 untuk sistem persamaan linier

LAMPIRAN 3: Program untuk mencari puncak-puncak pada data denyut jantung

LAMPIRAN 4: Program untuk mencari satu gelombang pada data denyut jantung





## ABSTRAK

Model denyut jantung manusia berbentuk  $\begin{cases} \dot{x}_1 = -(x_1^3 - Tx_1 + x_2) \\ \dot{x}_2 = x_1 - x_d \end{cases}$  yang diambil dari literature (Thanom dan Robert, 2011) dianalisa dengan menggunakan teori bifurkasi karena variasi parameter dalam model dapat menyebabkan perubahan sifat kualitatif titik setimbang. Model tersebut merupakan model tak linier maka model akan dilinierkan dengan menggunakan linierisasi deret Taylor. Untuk melihat perbandingan antara model linier dan tak linier yang sesuai dengan sistem kerja jantung manusia, maka kedua model diselesaikan dengan menggunakan metode Runge-Kutta orde 4. Model yang linier tidak sesuai dengan sistem kerja jantung manusia karena dalam model linier tidak terjadi proses sistole dan diastole. Sehingga model tak linier lebih valid karena sesuai dengan sistem kerja jantung manusia. Solusi yang didapatkan dari model tak linier merupakan bifurkasi homoklinik dan sifat stabilitas titik setimbang cenderung tidak stabil. Namun model tak linier hanya menghasilkan siklus denyut jantung dan bukan menghasilkan sinyal pengukuran pada ECG (*Electrocardiogram*) oleh karena itu penelitian selanjutnya menggunakan data ECG yang dianalisa dengan menggunakan fungsi Gauss. Parameter-parameter yang akan digunakan dalam fungsi Gauss dicari dengan menggunakan metode Nelder-Mead simplex untuk meminimumkan nilai error. Dalam tiap gelombang denyut jantung selalu terjadi lima puncak sebut saja P, Q, R, S dan T (nama yang biasa digunakan dalam ECG). Frekuensi terjadinya antar puncak (P ke P, Q ke Q, R ke R, S ke S dan T ke T) merupakan distribusi Gamma. Distribusi Gamma  $p(x|a, b) = Ga(x; a, b) = \frac{x^{a-1}}{\Gamma(a)b^a} \exp\left(-\frac{x}{b}\right)$  dengan nilai parameter  $a$  dan  $b$  pada frekuensi jarak antar puncak merupakan distribusi Gamma.

**Kata Kunci:** Teori Bifurkasi, Bifurkasi Homoklinik, Titik Setimbang, Denyut Jantung, Fungsi Gauss, Metode Nelder-Mead simplex, Nilai Error, Frekuensi, Distribusi Gamma

## ABSTRACT

Model of human heartbeat  $\begin{cases} \dot{x}_1 = - (x_1^3 - T x_1 + x_2) \\ \dot{x}_2 = x_1 - x_d \end{cases}$  from literature (Thanom and Robert, 2011) being analysed using theory bifurkasi because variation parameter in model can cause the denaturing qualitative equilibrium point. Since the model is nonlinear, the model will be linearized using taylor series linearization. To see the comparison between linear model and nonlinear matching with system work the human being heart, second to hence model solved by using method of Runge-Kutta order 4. The linear model disagrees with nonlinear model. The linear model does not shown the process of sistole and diastole. Thus nonlinear model is better because it show the system work of human heartbeat. The solution from nonlinear model represents bifurcation homoklinic and nature of stability equilibrium point to be unstable.

However the nonlinear model only show cycle of heartbeat but data of ECG (*Electrocardiogram*) have not been into account. Therefore the next research concerns to present ECG measurement by using Gauss function. The parameters be used in Gauss function searched by using method of Nelder-Mead simplex to minimize the errors. Each wave of heartbeat is five peak call it P, Q, R, S and T (the usual names used in ECG. The frequencies of all set of the peaks (P to P, Q to Q, R to R, S tot S and T to T) are computed. These frequencies behaves as Gamma distribution. The Gamma distribution written as  $p(x|a, b) = Ga(x; a, b) = \frac{x^{a-1}}{\Gamma(a)b^a} \exp\left(-\frac{x}{b}\right)$  with parameter  $a$  and  $b$  is Gamma Distribution.

**Keyword :** Bifurcation Theory, Homoclinic Bifurcation, Equilibrium, Heartbeat, Gauss Function, Nelder-Mead simplex Method, Error Value, Frequency, Gamma Distribution.